



Étude de la décroissance $^{184}\text{Hg} \rightarrow ^{184}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 30$ s)

W.G. Nettles, R. Béraud, J.D. Cole, J.H. Hamilton, A.V. Ramayya, H.

Kawakami, E.H. Spejewski, K.S.R. Sastry

► To cite this version:

W.G. Nettles, R. Béraud, J.D. Cole, J.H. Hamilton, A.V. Ramayya, et al.. Étude de la décroissance $^{184}\text{Hg} \rightarrow ^{184}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 30$ s). Journal de Physique, 1978, 39 (4), pp.343-349. 10.1051/jphys:01978003904034300 . jpa-00208767

HAL Id: jpa-00208767

<https://hal.science/jpa-00208767>

Submitted on 1 Jan 1978

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE JOURNAL DE PHYSIQUE

Classification
Physics Abstracts
27.70 — 23.20C

ÉTUDE DE LA DÉCROISSANCE $^{184}\text{Hg} \rightarrow ^{184}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 30$ s)

W. G. NETTLES, R. BÉRAUD (*), J. D. COLE (**), J. H. HAMILTON,
A. V. RAMAYYA and H. KAWAKAMI (***)

Physics Department (†), Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, 37235 U.S.A.

E. H. SPEJEWSKI

UNISOR (††), Oak Ridge, Tennessee, 37830 U.S.A.

K. S. R. SASTRY

Physics Department, University of Massachusetts, Amherst, Mass. 01002, U.S.A.

(Reçu le 17 octobre 1977, accepté le 5 janvier 1978)

Résumé. — Nous avons étudié la décroissance $\beta^+ + \text{CE}$ de ^{184}Hg ($T_{1/2} = 30$ s) vers les niveaux de ^{184}Au à l'aide du séparateur en ligne UNISOR. Les sources isotopiquement pures de Tl et Hg de masse $A = 184$ ont été obtenues en bombardant une cible enrichie de ^{180}W avec des ions ^{14}N de 177 MeV. Des spectres simples de multianalyse et des coïncidences γ - γ -t ont été mesurés. Aucun niveau n'était connu antérieurement à ce travail dans ^{184}Au . L'étude des coïncidences γ - γ -t nous a permis d'établir 8 niveaux excités à 156,2 ; 159,1 ; 247,7 ; 282,8 ; 295,1 ; 392,4 ; 418,0 et 412,4 keV et d'en suggérer deux autres, l'un à 534,0 et l'autre à 551,6 keV. Par la technique des coïncidences retardées, on a mesuré la période du premier niveau excité $T_{1/2}(156,2 \text{ keV}) = (36 \pm 6)$ ns a mesuré la période du premier niveau excité $T_{1/2}(156,2 \text{ keV}) = (36 \pm 6)$ ns et une limite supérieure égale à 2 ns a été déterminée pour la durée de vie des niveaux à 159,1 ; 247,7 ; 295,1 et 392,4 keV.

Abstract. — The radioactive decay of ^{184}Hg to ^{184}Au was studied on line with the UNISOR isotope separator. The 184 mass chain was entered at ^{184}Tl and ^{184}Hg by bombarding an isotopically-enriched target of ^{180}W with ^{14}N ions of 177 MeV. Multiscale singles and γ - γ -time coincidence studies were carried out. No previous levels have been assigned to ^{184}Au . From the coincidence data eight levels at 156.2, 159.1, 247.7, 282.8, 295.1, 392.4, 418.0 and 412.4 keV are assigned and two tentative levels at 534.0 and 551.6 keV are proposed. By using the delayed coincidence technique, a halflife of 36 ± 6 nanoseconds was measured for the 156.2 keV first-excited level and upper limits of 2 nanoseconds were determined for the halflives of levels at 159.1, 247.7, 295.1 and 392.4 keV.

1. Introduction. — Le séparateur de masse en ligne UNISOR a rendu possibles de nombreuses études de noyaux loin de la vallée de stabilité. Une région particulièrement intéressante est celle des isotopes

légers de mercure où a été mis en évidence le phénomène de coexistence de forme [1, 2].

Les niveaux de noyaux impair-impair sont plus difficiles à comprendre en termes de modèles nucléaires, en raison d'une part, des contributions simultanées des orbitales proton et neutron, et d'autre part du couplage des particules entre elles et avec le cœur. La connaissance des niveaux doit cependant permettre d'améliorer notre compréhension de ces noyaux.

Pour un Z donné, la comparaison des propriétés entre noyaux impair-impair proches et loins de la stabilité où des orbitales de neutron différentes dominent, peut fournir des tests très importants pour les modèles nucléaires. Les théoriciens en sont au point où les calculs de niveaux dans les noyaux impair-impair peuvent être abordés ⁽¹⁾. Faessler ⁽¹⁾ a signalé que la connaissance d'un nombre même limité de

(*) Détaché de : Institut de Physique Nucléaire (et IN2P3), Université Lyon-1 69621 Villeurbanne, France.

(**) Adresse actuelle : Reactor Institute, Delft Technological University, Delft, Pays-Bas.

(***) Détaché de : Institute for Nuclear Study, Tokyo, Japan.

(†) Travail partiellement financé par l'E.R.D.A. (U.S.A.).

(††) UNISOR est une association de 14 institutions, cautionnée par elles et l'Administration du Développement et de la Recherche sur l'Energie (E.R.D.A.).

Les institutions membres sont les suivantes : Université d'Alabama à Birmingham, Université Emory, Université Furman, Institut de Technologie de Géorgie, Université du Kentucky, Université d'Etat de Louisiane, Université du Massachusetts, Université de Caroline du Sud, Université du Tennessee, Université Technologique du Tennessee, Université Vanderbilt, Institut Polytechnique et Université d'Etat de Virginie, Universités associées d'Oak Ridge et le Laboratoire National d'Oak Ridge.

⁽¹⁾ Faessler, A. Communication privée, 1977.

niveaux excités sera très utile pour fixer certains paramètres de la théorie. En conséquence les études des noyaux impair-impair d'or déficients en neutron peuvent offrir des tests importants pour tout nouveau calcul théorique.

Ce travail est la première étude des niveaux et de leurs propriétés d'un noyau impair-impair de cette région de masse.

A partir des mesures de coïncidences γ - γ -temps obtenues à l'aide de UNISOR au Laboratoire National d'Oak Ridge, un schéma de niveaux de ^{184}Au a été établi et plusieurs durées de vie de niveaux mesurées. Aucun niveau de ^{184}Au n'était connu précédemment mais plusieurs raies γ avaient été attribuées à la décroissance de ^{184}Hg par la collaboration ISOLDE [3] au C.E.R.N.

2. Techniques expérimentales. — Les niveaux de ^{184}Au sont peuplés par la désintégration β^+ et capture électronique de l'état fondamental 0^+ de ^{184}Hg . La chaîne de masse $A = 184$ commence aux ^{184}Tl et ^{184}Hg produits par bombardement d'une cible enrichie de ^{180}W avec des ions ^{14}N de 177 MeV accélérés par le Cyclotron isochrone d'Oak Ridge. La cible était montée dans une source d'ions du type Pingis.

A partir de la source d'ions les produits de réaction traversaient le séparateur de masse UNISOR et la masse séparée $A = 184$ était déposée sur une bande de mylar aluminisé à la station de collection du dérouleur. La source, collectée pendant 20 secondes, était déplacée en moins d'une seconde ($\approx 0,5$ s) devant un système de détection où elle était comptée pendant 20 secondes, alors qu'une autre source était collectée.

A la station de comptage des mesures de spectres γ , α et électrons de conversion ainsi que des coïncidences e^- - γ -temps et γ - γ -temps ont été effectuées. Les données primaires utilisées dans ce travail ont été prises à l'aide de deux détecteurs Ge(Li) situés à 180° l'un par rapport à l'autre. Des spectres de multianalyse et de coïncidences ont été relevés simultanément au moyen du système UNISOR Tennecomp contrôlant l'acquisition et le dérouleur. Dix spectres simples de multianalyse ont été mesurés pendant 2 secondes chacun. Pour les mesures de coïncidences, les signaux de chaque détecteur étaient mis en forme par un ampli filtre rapide et un discriminateur à fraction constante et attaquaient ensuite un convertisseur temps-amplitude (CTA). Lorsqu'une coïncidence avait lieu, une impulsion logique du CTA donnait l'ordre au système Tennecomp de stocker sur bande magnétique (sous forme d'un mot : énergie 1, énergie 2, temps) les informations *énergie* de chaque détecteur et l'information *temps* du CTA.

Ce format d'acquisition est particulièrement adapté pour les mesures de coïncidences et les mesures de durées de vie puisqu'on peut reconstituer à volonté, ou des spectres de coïncidence en énergie, ou des spectres en temps par un choix judicieux des fenêtres lors du dépouillement.

La résolution en temps du système γ - γ -t était de (6 ± 1) ns. Le spectre en temps a été calibré *hors ligne* en mesurant la largeur à mi-hauteur du pic obtenu dans le spectre du CTA pour une coïncidence rapide.

Les calibrations en énergie et intensité des deux détecteurs Ge(Li) ont été effectuées en utilisant une source standard NBS.

3. Analyse des résultats. Schéma de niveaux. — Des spectres γ en coïncidence avec les raies γ attribuées à la décroissance du ^{184}Hg par la collaboration ISOLDE [3] ont été reconstitués après soustraction du fond Compton. Les énergies des raies X_K observées dans ces spectres de coïncidence ont été contrôlées pour s'assurer de l'identification en Z, c'est-à-dire qu'il s'agissait bien de raies désexcitant des niveaux de ^{184}Au .

Les spectres de multianalyse ont été sommés et les énergies et intensités des raies γ attribuées à la décroissance du ^{184}Hg ont été calculées à l'aide du programme KEI-10 EE [4]. Les résultats sont donnés dans le tableau I, où ont été également reportés les résultats antérieurs obtenus à ISOLDE [3]. Un spectre sommé est présenté sur la figure 1. On a examiné tous les spectres de coïncidence correspondant aux fenêtres en coïncidence avec les raies X_K de Au. Les résultats de cette analyse sont reportés dans le tableau II et sur la figure 2.

En raison de la forte coïncidence de la raie 156,2 keV avec la raie 236,2 keV (voir Figs 2a et 2b), et de la plus forte intensité relative de la raie 236,2 keV, on serait tenté de placer le premier niveau excité à 236,2 keV, ce dernier étant alimenté par la raie de 156,2 keV. Cependant, quelques raies γ sont observées dans la fenêtre 156,2 keV et non dans la fenêtre 236,2 keV. Ces inconsistances nous ont amené à examiner le spectre en temps de la cascade 156,2-

TABLEAU I

Energies et intensités relatives des raies γ observées dans la décroissance $^{184}\text{Hg} \rightarrow \text{Au}$

Energie γ (keV)		Intensité relative	
Ce travail	ISOLDE	Ce travail	ISOLDE
—	—	—	—
$91,5 \pm 0,5$	$91,6 \pm 1,0$	$4,7 \pm 0,8$	$\sim 2,8$
$126,5 \pm 0,3$		$1,4 \pm 0,4$	
$126,6 \pm 0,3$	$126,7 \pm 0,9$	$3,4 \pm 0,6$	$2,8 \pm 1,4$
$141,6 \pm 0,3$	$141,7 \pm 0,9$	$1,9 \pm 0,3$	$\sim 1,8$
$146,0 \pm 0,3$	$146,1 \pm 1,5$	$4,8 \pm 0,4$	$\sim 1,0$
$156,2 \pm 0,2$	$156,3 \pm 0,4$	91 ± 9	69 ± 6
$159,1 \pm 0,4$		$6,0 \pm 1,0$	
$159,2 \pm 0,4$	$159,5 \pm 0,9$	$1,0 \pm 0,3$	$5,2 \pm 1,3$
$170,1 \pm 0,2$	$170,3 \pm 1,0$	$2,1 \pm 0,3$	$\sim 1,8$
$176,9 \pm 0,3$	$177,2 \pm 1,2$	$1,2 \pm 0,5$	$\sim 1,3$
$236,2 \pm 0,2$	$236,6 \pm 0,4$	100	100 ± 5
$259,0 \pm 0,1$	$259,3 \pm 0,6$	$8,4 \pm 1,0$	$7,8 \pm 2,0$
$262,3 \pm 0,1$	$262,8 \pm 0,7$	$6,7 \pm 0,8$	$5,4 \pm 1,5$
$295,1 \pm 0,1$	$295,6 \pm 0,7$	16 ± 2	$12,4 \pm 6,0$
$392,4 \pm 0,2$		11 ± 2	
$421,8 \pm 0,2$	422 ± 2	$5,9 \pm 0,7$	~ 4

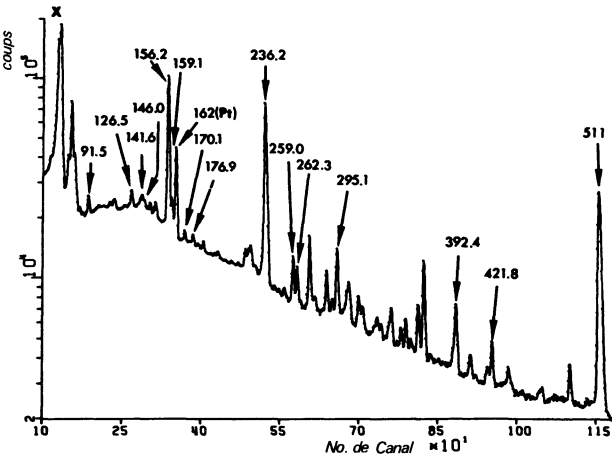


FIG. 1. — Spectre γ observé pour la chaîne de masse $A = 184$. Ce spectre a été obtenu en sommant les 10 spectres simples de la multianalyse.
[γ -spectrum observed for the mass chain $A = 184$. This spectrum was obtained by summing the 10 multiscale single spectra.]

236,2 keV. Les résultats de cette investigation sont reportés sur les figures 3a et 3b. La figure 3a montre le spectre en temps du CTA avec la raie 236,2 keV comme signal *START* et la raie 156,2 keV comme signal *STOP*. Sur la figure 3b les signaux *START* et *STOP* ont été inversés par rapport à la figure 3a.

A partir de cela, on constate non seulement que la raie 156,2 keV est précédée par la raie 236,2 keV mais que le niveau possède une assez longue durée de vie qui a pu être déterminée par la méthode de la pente. L'ajustement (côté retardé) de la courbe par la méthode de moindres carrés conduit à :

$$T_{1/2}(156,2 \text{ keV}) = (36 \pm 6) \text{ nanosecondes} .$$

Cette valeur est du même ordre de grandeur que l'estimation de Weisskopf pour une transition E2 de même énergie puisqu'en incluant la correction de conversion interne E2, la période partielle est de 48 ns.

L'établissement de l'ordre de désexcitation 236,2-156,2 est fondamental (Fig. 4).

Le niveau excité à 247,7 keV est établi par l'intermédiaire de la cascade 170,1-91,5-156,2 keV. L'ordre de cette séquence étant obtenu à l'aide des intensités relatives observées dans les fenêtres 156,2 et 170,1 keV. La somme des énergies de ces 3 raies conduit à un niveau excité à $417,8 \pm 0,5$ keV.

Le niveau à 159,1 keV est établi à partir des coïncidences 259,1-159,1 et 262,3-159,1, de l'absence des transitions 159,1, 259,0 et 262,3 keV dans la fenêtre de 156,2 keV. La somme des énergies de la cascade 259,0-159,1 conduit à $418,1 \pm 0,4$ keV en bon accord avec le niveau précédemment établi. La valeur moyenne de ces résultats conduit à $(418,0 \pm 0,4)$ keV.

TABLEAU II

Table des coïncidences entre rayonnements γ attribués à la décroissance $^{184}\text{Hg} \rightarrow \text{Au}$. Toutes les raies prises dans les fenêtres sont en coïncidence avec les raies X_K de Au

Fenêtres	Transitions													
	91,5	126,5	126,6	141,6	146,0 (*)	156,2	159,1	159,2	170,1	176,9 (*)	236,2	259,0	262,3	295,1
91	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—
127	—	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	×
142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—
146	×	+	+	—	—	?	+	+	—	—	×	—	—	—
156	×	—	×	—	—	—	—	—	×	—	×	—	—	—
159	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×	×	×	—
170	×	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
177	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
236	—	—	—	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—
259	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—
262	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—
295	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
392	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
422	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(*) Transition non placée dans le schéma de niveaux
? Coïncidence incertaine
+ Énergie approchée

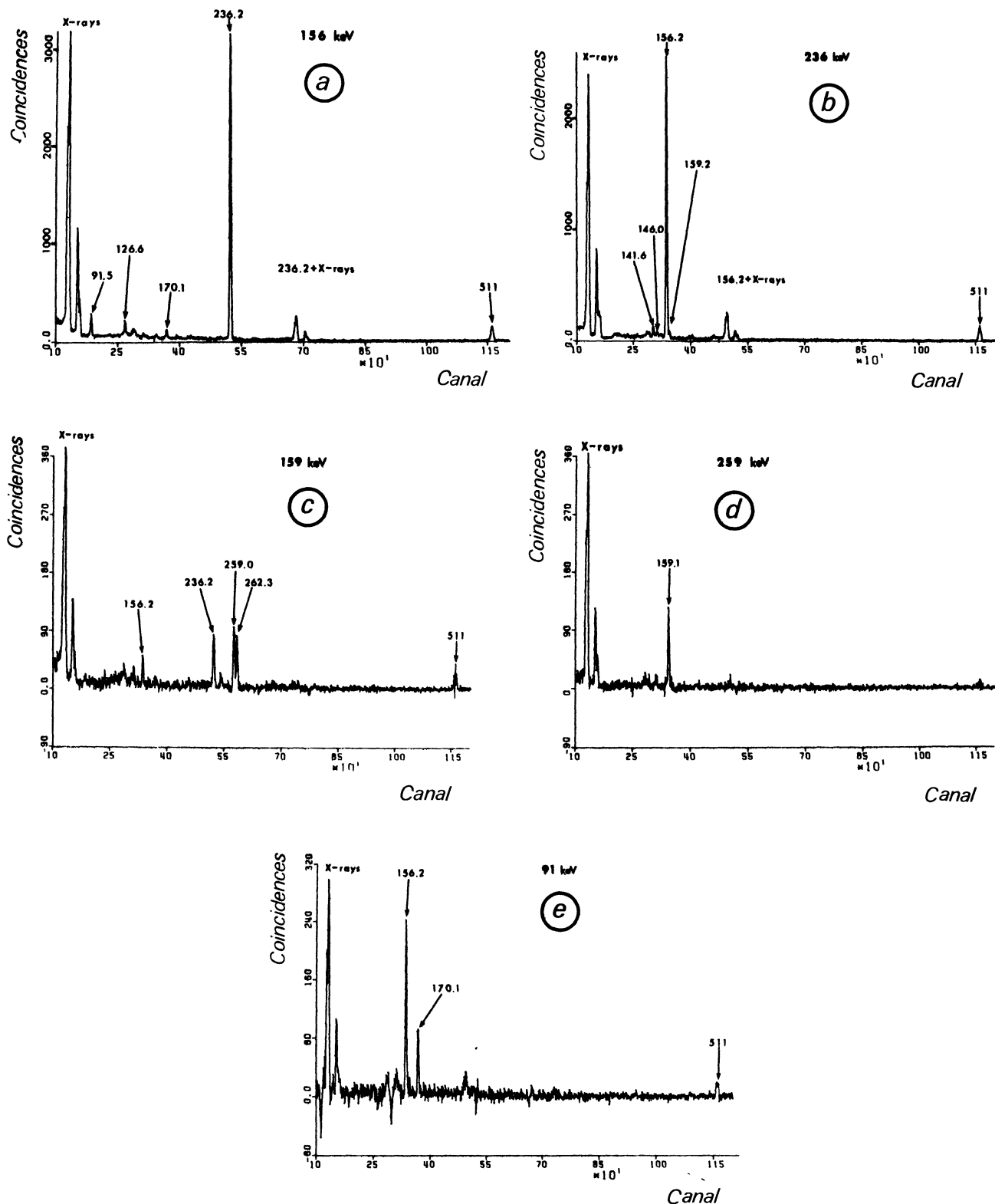


FIG. 2. — Spectres de coïncidences de la décroissance $^{184}\text{Hg} \rightarrow \text{Au}$ pour les principales fenêtres : 2a : 156 keV ; 2b : 236 keV ; 2c : 159 keV ; 2d : 259 keV ; 2e : 91 keV.

[Coincidence spectra of $^{184}\text{Hg} \rightarrow \text{Au}$ observed in the main gates : 2a : 156 keV ; 2b : 236 keV ; 2c : 159 keV ; 2d : 259 keV ; 2e : 91 keV.]

Un raisonnement analogue a été fait pour établir le niveau excité à $(421,5 \pm 0,2)$ keV. La raie γ de 126 keV est un doublet (126,5 + 126,6) dont une

partie est en coïncidence avec la transition 156,2 keV. On a rendu compte de cette coïncidence par la création du niveau 282,8 keV.

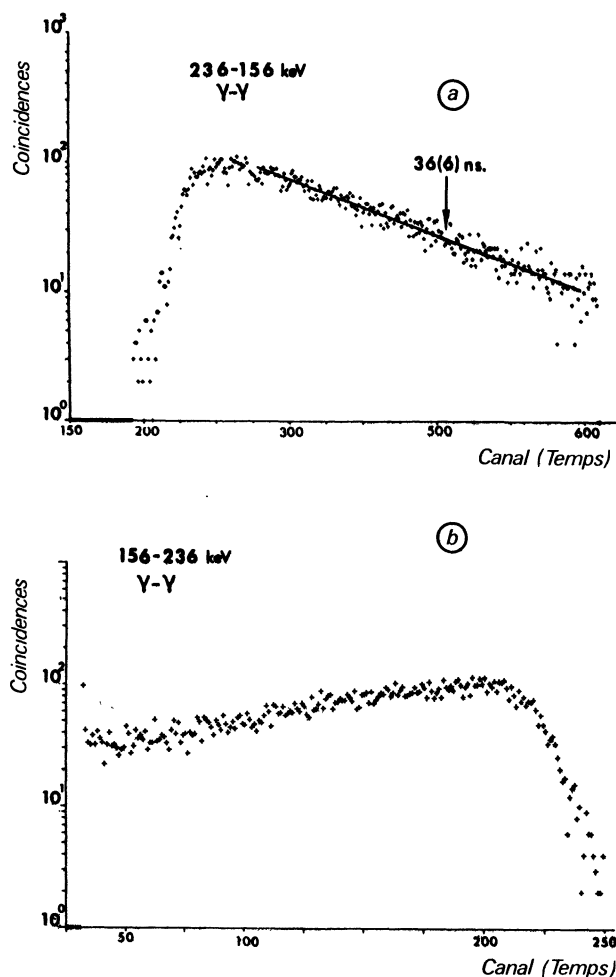


FIG. 3. — Spectres en temps du CTA pour la cascade (236,2-156,2) keV. 3a : 236,2 keV = START; 156,2 keV = STOP. 3b : 156,2 keV = START; 236,2 keV = STOP. [TAC spectra for the cascade (236.2-156.2) keV. 3a : 236.2 keV = START; 156.2 keV = STOP. 3b : 156.2 keV = START; 236.2 keV = STOP.]

Les niveaux 551,6 et 534,0 keV ne sont que suggérés en raison de la faiblesse des coïncidences observées.

Le spin et la parité du niveau 392,4 keV ont été déterminés en faisant un calcul approché du $\log ft$ de la décroissance $\beta^+ + \text{CE}$ du ^{184}Hg vers ce niveau. L'énergie de décroissance a été prise dans les tables compilées par Violat, Swant et Graber [5] et on a supposé que l'alimentation de ce niveau représentait 75 % de la désintégration (sans alimentation du niveau fondamental).

Partant de ces données, on obtient $\log ft = 4,22$. Cette valeur n'atteint que 4,50 si l'on introduit 40 % d'alimentation du niveau fondamental. Cette valeur assez basse indique qu'il s'agit d'une transition permise, très probablement de type Gamow-Teller. En conséquence, le changement de spin le plus probable à partir du fondamental 0^+ de ^{184}Hg est $\Delta I = 1$ sans changement de parité.

Nous avons recherché les durées de vie de plusieurs autres niveaux en plaçant des fenêtres sur les transi-

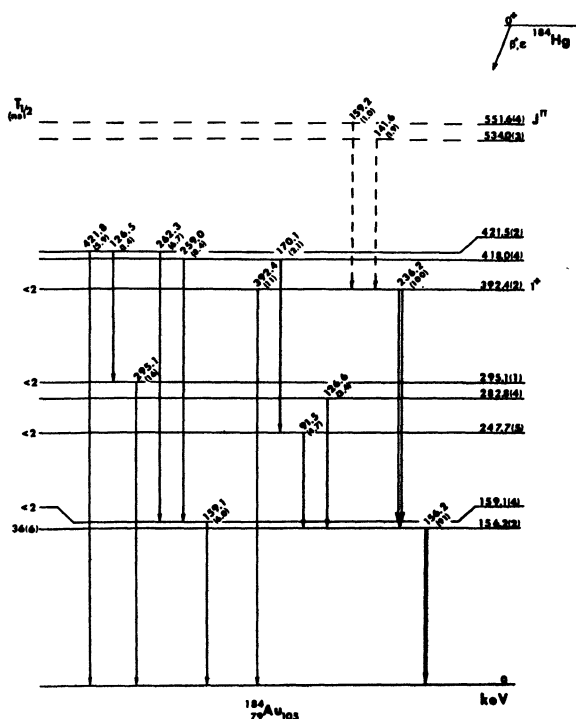


FIG. 4. — Schéma de niveaux de ^{184}Hg à partir de la décroissance ($\beta^+ + \text{CE}$) $^{184}\text{Hg} \rightarrow ^{184}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 30$ s). Les énergies et intensités relatives des raies γ sont reportées sur les flèches. L'erreur sur l'énergie d'excitation des niveaux est donnée entre parenthèses. [Energy levels in ^{184}Au observed in the decay $^{184}\text{Hg} \rightarrow ^{184}\text{Au}$ ($T_{1/2} = 30$ s). γ ray energies and relative intensities are given on the arrows. The errors on the level excitation energies are given in brackets.]

tions les alimentant et les transitions les désexcitant. Cette analyse nous a permis de reconstituer les spectres en temps présentés sur la figure 5. Nous avons tenté d'évaluer la durée de vie de 4 niveaux en utilisant la méthode du déplacement du centre de gravité. En raison de la faiblesse des déplacements observés et compte tenu de l'erreur sur la calibration en temps, une limite supérieure de 2 nanosecondes a pu être établie pour les périodes des niveaux excités à 159,1, 247,4, 295,1 et 393,4 keV.

4. Conclusion. — Grâce au séparateur en ligne UNISOR il a été possible d'établir un schéma de niveaux cohérent du noyau impair-impair ^{184}Au à partir de la désintégration du ^{184}Hg ($T_{1/2} = 30$ s). L'étude amorcée ici doit être poursuivie ; en particulier des informations complémentaires sur les spins et parités pourront être obtenues par des mesures de spectres d'électrons.

Remerciements. — Un des auteurs (R. B.) remercie tout particulièrement le Professeur J. H. Hamilton et son groupe pour leur accueil durant son séjour à l'Université Vanderbilt.

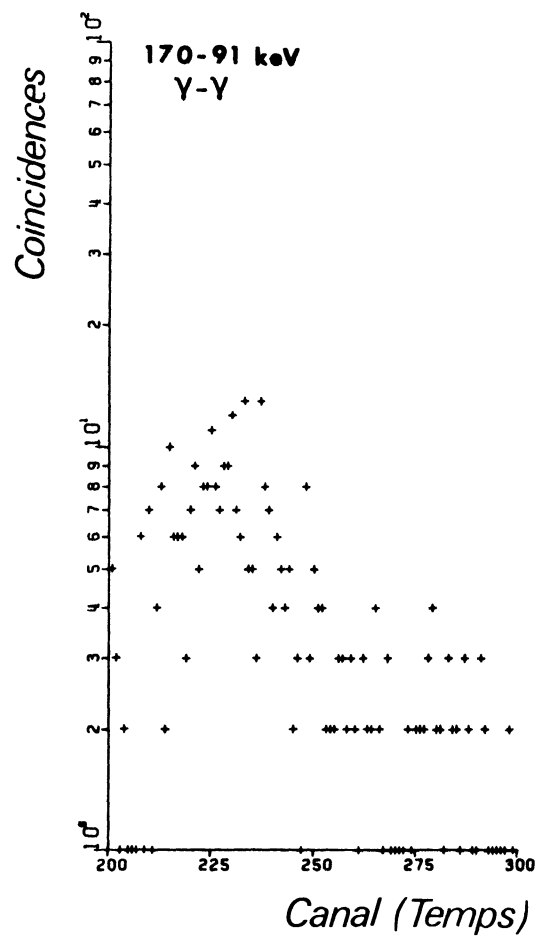
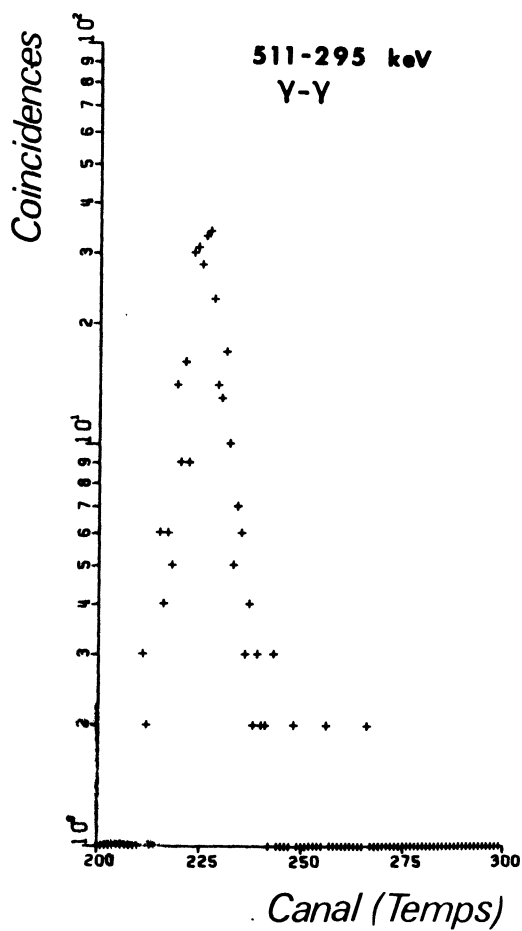
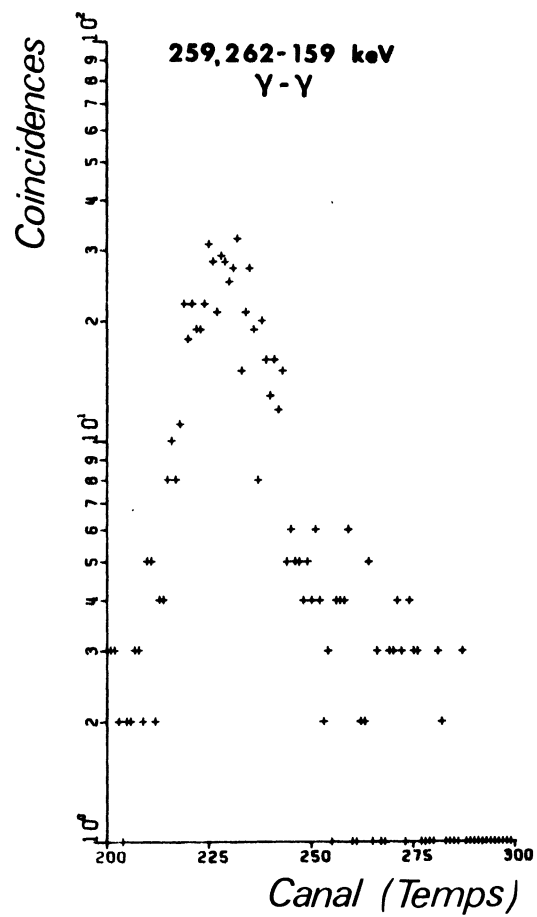
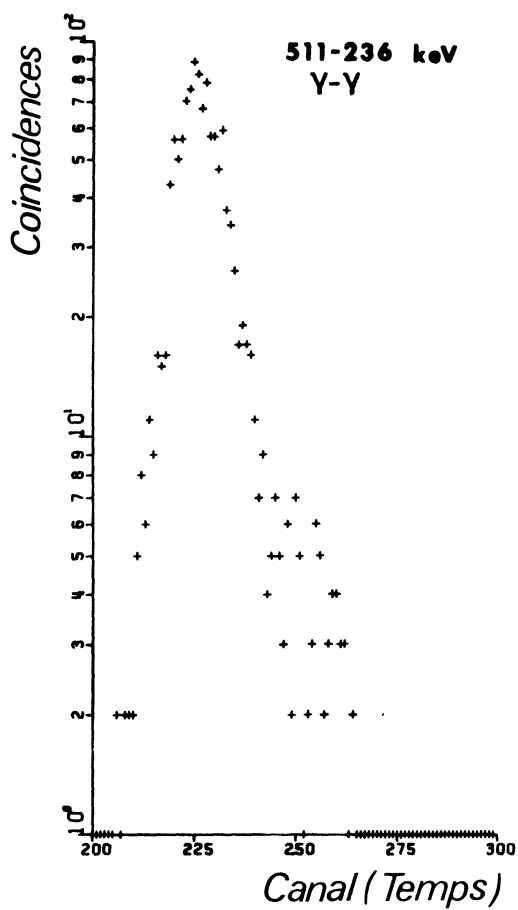


FIG. 5. — Spectres en temps reconstitués à partir des données γ - γ - t pour diverses fenêtres γ - γ . La calibration temps correspond à 0,5 ns/canal.
[Time spectra obtained from γ - γ - t data for different gates γ - γ . The time calibration is 0.5 ns/channel.]

Bibliographie

- [1] HAMILTON, J. H., RAMAYYA, A. V., BOSWORTH, E. L., LOURENS, W., COLE, J. D., VAN NOOIJEN, B., GARCIA-BERMUDEZ, G., MARTIN, B., SUBBA RAO, B. N., KAWAKAMI, H., RIEDINGER, L. L., BINGHAM, C. R., TURNER, F., ZGANJAR, E. F., SPEJEWSKI, E. H., CARTER, H. K., MLEKODAJ, R. L., SCHMIDT-OTT, W. D., BAKER, K. R., FINK, R. W., GOWDY, G. M., WOOD, J. L., XENOULIS, A., KERN, B. D., HOFSTETTER, K. J., WEIL, J. L., TOTH, K. S., IJAZ, M. A. et SASTRY, K. S. R., *Phys. Rev. Lett.* **35** (1975) 562.
 - [2] COLE, J. D., HAMILTON, J. H., RAMAYYA, A. V., NETTLES, W. G., KAWAKAMI, H., SPEJEWSKI, E. H., IJAZ, M. A., TOTH, K. S., ROBINSON, E. L., SASTRY, K. S. R., LIN, J., AVIGNONE, F. T., BRANTLEY, W. H. et RAO, P. V. G., *Phys. Rev. Lett.* **37** (1976) 1185.
 - [3] FINGER, M., FOUCHER, R., HUSSON, J. P., JASTRZEBSKI, J., JOHNSON, A., SÉBILLE, C., HENCK, R., KUCHLY, J. M., REGAL, R., SIFFERT, P., ASTNER, G., ERDAL, B. R., HAGEBØ, E. E., KJELBERG, A., MÜNNICH, F., PATZELT, P., BECK, E. et KUGLER, H., *Rapport C.E.R.N.* 70-29 (1970).
 - [4] KEI-10EE a été écrit par KOMURA, K. de Institute for Nuclear Study, Tokyo, Japan et a été modifié par KAWAKAMI, H. pour être utilisable sur le calculateur SIGMA 7 de l'Université Vanderbilt.
 - [5] VIOLA Jr, V. E., SWANT, J. A. et GRABER, J., *At. Data Nucl. Data Tables* **13** (1974) 35.
-